

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛИ КЛАССА ПРОЧНОСТИ К56 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Шекшеев М.А.

д.т.н., профессор Емелюшин А.Н.

ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск,
shecsheev@yandex.ru

Реализация ряда крупных инженерных проектов в топливно-энергетическом комплексе России по сооружению магистральных трубопроводов (магистральные газопроводы «Сахалин–1», «Сахалин–2»; магистральный нефтепровод «Восточная Сибирь – Тихий Океан» и др.) привела к значительному росту потребности в электросварных трубах большого диаметра 1220 – 1420 мм, выполненных из сталей высоких классов прочности К56 – К70.

В настоящее время ОАО «ММК» является крупным поставщиком широкополосного проката для производства электросварных прямошовных труб большого диаметра. Основу выпускаемого сортамента составляют высокопрочные низколегированные стали, поставляемые по различным классам прочности.

К сварным соединениям трубных сталей предъявляются высокие требования по структурному состоянию и механическим свойствам. Формирование структуры сварного соединения идет при сложных термических условиях, вследствие чего структура соединения характеризуется значительной неоднородностью.

Известно, что наиболее неудовлетворительный уровень механических свойств в сварных соединениях наблюдается в зоне термического влияния (ЗТВ), на участке перегрева, который представляет собой прослойку основного металла нагретого до температур 1000 – 1300 °С. На участке перегрева наблюдается низкая пластичность металла в сочетании с низкими значениями прочности, что обусловлено наличием перегретой крупнозернистой структуры. Кроме того нередко имеет место разрушение металла по причине возникновения холодных трещин, обусловленных протеканием в локальных участках мартенситного превращения. Выбор оптимальной технологии сварки сводится к обеспечению наименьшего ухудшения свойств именно на этом участке, путем исключения или ограничения количества закалочных структур.

В работе рассматривалась низколегированная сталь, относящаяся к классу прочности К56 (табл. 1). Изучение влияния параметров режима ручной дуговой сварки на структуру и свойства металла участка перегрева вели по методу валиковой пробы ГОСТ 13585 – 68. Суть метода

заключается в наплавке валиков на пластины исследуемой стали при различных параметрах сварки. Планирование и обработку результатов исследования выполняли по методу полного факторного эксперимента.

Таблица 1. Химический состав исследуемой плавки, %

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
0,11	0,37	1,59	0,003	0,009	0,02	0,03	0,05
Al	N	V	Ti	Nb	Mo	B	Sn
0,037	0,007	0,039	0,022	0,029	0,002	0,0004	0,003

Исследуемая сталь поставляется в горячекатаном состоянии, структура стали представляет собой феррит (размер зерна № 7 – 8 по ГОСТ 5639 – 82) с включениями строчечного перлита (рис. 1).

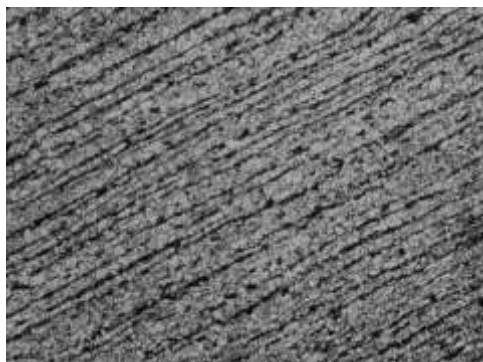


Рис. 1. Структура стали в состоянии поставки $\times 200$

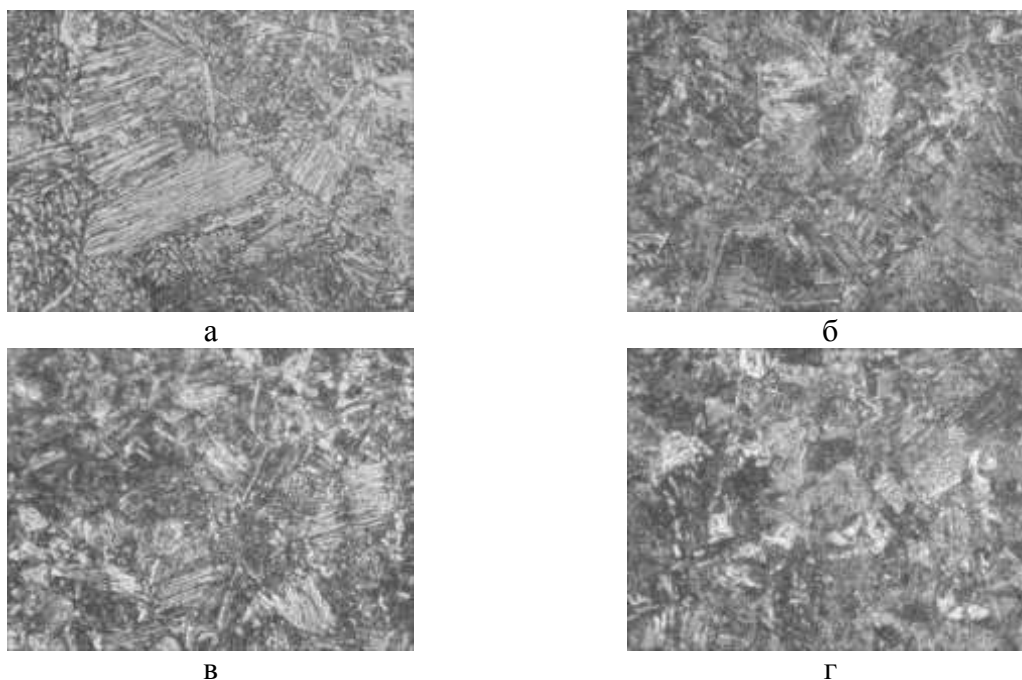


Рис. 2. Структура на участке перегрева при толщине наплавляемой пластины $\delta = 16$ мм и погонной энергии сварки: а) 16 кДж/см, $\times 400$; б) 5,8 кДж/см, $\times 400$; в) 4,5 кДж/см, $\times 400$; г) 1,3 кДж/см, $\times 400$

Металлографический анализ показал, что в результате сварочного нагрева металл участка перегрева, в сравнении с основным металлом, характеризуется существенным огрублением структуры (рис. 4). При погонной энергии сварки q/V в диапазоне 1,3 – 16 кДж/см участок перегрева характеризуется видманштеттовой структурой 3,4 балла по ГОСТ 5640 – 68. Наблюдаются характерные включения, в виде пластинчатых и разветвленных образований, расположенные в объеме первичных зерен (рис. 2.)

Измерения твердости и микротвердости (рис. 3) показали, что металл на участке перегрева состоит из феррита и перлита. Различия в твердости металла, при изменении погонной энергии, связано с дисперсностью образующихся видманштеттовых структур, так в нашем случае толщина видманштеттовых ферритных пластин изменяется от 1 – 3 мкм при $q/V = 1,3$ кДж/см до 6 – 8 мкм при $q/V = 16$ кДж/см.

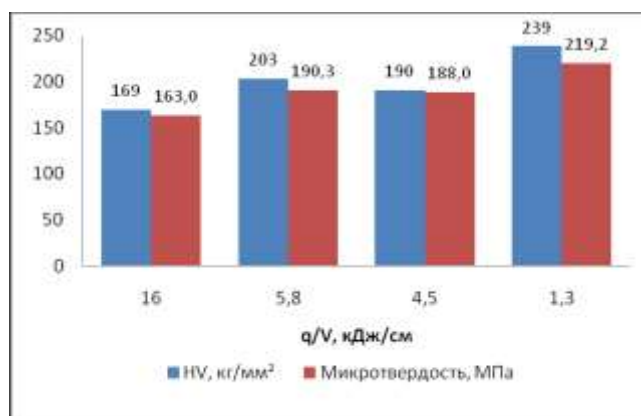


Рис. 3. Изменение твердости и микротвердости металла на участке перегрева в зависимости от уровня погонной энергии

По результатам испытаний получили адекватные зависимости механических свойств (твердости, ударной вязкости) металла участка перегрева от параметров ручной дуговой сварки. Чтобы упростить использование полученных моделей, на их основе была разработана программа для ЭВМ.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что в рассмотренном диапазоне погонных энергий сварки в структуре ЗТВ закалочных структур не образуется, вместо этого структура характеризуется наличием перлита и видманштеттового феррита различной дисперсности. Разработанная программа для ЭВМ может быть использована в качестве наглядного пособия при подготовке специалистов в области сварки.